



Optimum intérieur et financement efficient d'un bien public : une expérience

Matthieu Neveu

► To cite this version:

Matthieu Neveu. Optimum intérieur et financement efficient d'un bien public : une expérience. 2002.
halshs-00178479

HAL Id: halshs-00178479

<https://shs.hal.science/halshs-00178479>

Submitted on 11 Oct 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

DOCUMENTS DE TRAVAIL - WORKING PAPERS

W.P. 02-16

**Optimum et financement efficient d'un bien public :
une expérience**

Matthieu Neveu

Décembre 2002

GATE Groupe d'Analyse et de Théorie Économique
UMR 5824 du CNRS
93 chemin des Mouilles – 69130 Écully – France
B.P. 167 – 69131 Écully Cedex
Tél. +33 (0)4 72 86 60 60 – Fax +33 (0)4 72 86 60 90
Messagerie électronique gate@gate.cnrs.fr
Serveur Web : www.gate.cnrs.fr

OPTIMUM INTERIEUR ET FINANCEMENT EFFICIENT D' UN BIEN PUBLIC : UNE EXPERIENCE

Interior Pareto Optimum and Efficient Provision of Public Goods : An experiment

Matthieu NEVEU*

Résumé:

Cette expérience sur les mécanismes de contribution volontaire à un bien public utilise une fonction de paiement qui définit l'optimum de Pareto à l'intérieur de l'espace stratégique des contributions. Deux optima sont comparés. L'un est défini à 30% de la contribution individuelle, l'autre à 70%. L'équilibre de Nash de ces jeux est toujours obtenu par la non contribution des individus au bien public. Les résultats expérimentaux révèlent que le comportement de « sur-contribution » (par rapport à l'équilibre) ne peut être associé à un problème d'erreur de compréhension mais plutôt à une décision volontaire. De plus le bien public est plus facilement financé lorsque son financement optimal est faible ; même si ce financement demeure inefficace. Les résultats obtenus révèlent des comportements de jeu caractéristiques, qualifiés d'une part de *Comportement Réactif*, et d'autre part d'*Optimum Lover*. Ces résultats mettent également en avant un problème de coordination entre les sujets pour atteindre l'optimum social.

Abstract :

This experiment provides results in voluntary contribution for a public goods using a payoff function which defines a Pareto optimum inside the strategic contributions space. Two optima are tested. One is defined at 30% of the subjects' endowment, and the other at 70%. The Nash equilibrium of these games remains the non contribution to the public good. The experiment results show that the over but inefficient contribution is not due to a confusion made by the subjects but is rather due to the subjects' voluntary decision. Next, a public good is easily provided when the optimal point is defined at a low contribution level, even if it is not always fully provided. This last results highlight a coordination problem to reach the social optimum, and identify two behaviors named *Reactive Behavior* and *Optimum Lover*.

Mots clés : Bien public, Optimum intérieur, Free-Riding, Economie Expérimentale

Keywords : Public Goods, Interior Pareto Optimum, Free-Riding, Experimental Economics

Code JEL : C70, C72, C90, C92

* GATE, 93, chemin des mouilles BP 167, 69131 Ecully Cedex – France - <http://www.gate.cnrs.fr>
e mail : neveu@gate.cnrs.fr

INTRODUCTION

Dans les jeux de contribution volontaire à un bien public, les membres d'un groupe font face à un dilemme social. Chaque individu doit investir tout ou partie de ses ressources (i.e. sa dotation) soit dans un bien privé, soit dans un bien public. Le bien privé rapporte à l'individu un gain qui est uniquement fonction de son investissement personnel dans ce bien, tandis que le bien public rapporte à chaque individu du groupe un gain qui est fonction de l'investissement collectif des membres du groupe pour le bien public. Le dilemme réside dans le fait que le gain marginal du bien privé est supérieur au gain marginal du bien public. La fonction de gain totale, telle que la définissent Isaac, Walker et Thomas (1984), connaît deux issues opposées. L'équilibre de Nash du jeu est atteint lorsque aucun des membres du groupe ne contribue au financement du bien public (c'est la stratégie dominante de sous jeu ou stratégie de passage clandestin¹). L'optimum de Pareto est obtenu lorsque tous les membres du groupe contribuent l'intégralité de leur dotation pour le bien public.

Les résultats des expérimentations portant sur les contributions volontaires montrent que les individus ne souhaitent ni contribuer l'intégralité de leur dotation, ni jouer la stratégie de passage clandestin (Ledyard, 1995) mais choisissent un niveau de contribution intermédiaire. Ces contributions diminuent avec les répétitions du jeu et approchent la contribution d'équilibre. Parmi les différentes hypothèses formulées pour expliquer ce comportement complexe, deux retiennent notre attention : les erreurs de compréhension des règles de l'expérience et la définition du niveau de financement efficient du bien public.

La première hypothèse tient au fait que les individus peuvent ne pas avoir saisi les règles de l'expérience (Andreoni, 1995) et contribuent une partie de leur dotation sans véritablement savoir pourquoi. Toujours selon Andreoni, les individus, suite à un apprentissage au cours des répétitions du jeu, assimilent les règles de l'expérience et les conséquences de leurs choix. Ils contribuent ainsi des sommes qui tendent vers la stratégie de passage clandestin et qui convergent vers l'équilibre de Nash du jeu. Cette explication trouve toutefois ses limites du fait de la définition des issues de jeu. En effet, puisque l'équilibre de Nash (vs. l'optimum de Pareto) est obtenu par la contribution nulle (la contribution totale) des membres du groupe, les seules erreurs observables sont des « sur-contributions » par rapport à la contribution d'équilibre et des « sous-contributions » par rapport à l'optimum. Pour rendre compte des comportements volontaires de contribution et de les distinguer des éventuelles erreurs de compréhension, Keser (1996), Sefton et Steinberg (1996), Isaac et Walker (1998) et Willinger et Ziegelmeyer (1999) ont défini un jeu dont l'équilibre de Nash obtenu par une contribution partielle des joueurs. Dans un tel jeu, des contributions supérieures et inférieures à la contribution d'équilibre doivent apparaître si des erreurs de compréhension sont à la source du choix des individus. En revanche, si les joueurs assimilent les règles mais tentent de développer un comportement coopératif, alors seules des contributions au-dessus de l'équilibre émergeront. Ces études montrent que les joueurs, en toute connaissance de cause, contribuent au bien public des montants supérieurs à la contribution d'équilibre. Le phénomène de « sur-contribution » par rapport à la stratégie d'équilibre n'est donc plus lié à des erreurs de choix. Reste la question des choix de contributions sous optimales. Si les individus choisissent sciemment des contributions supérieures à la contribution d'équilibre,

¹ Traduction proposée pour « Free-Riding ».

pourquoi ne choisissent-ils pas la pleine coopération, qui serait collectivement plus profitable ?

Cette question suppose que le problème du passage clandestin n'est plus l'unique facteur explicatif du comportement non coopératif des individus. Il semble donc qu'il soit intéressant de comprendre pourquoi le bien public n'est que partiellement financé dans les jeux de contribution volontaire.

Nous proposons un début d'explication en modifiant la définition de l'optimum de Pareto. Si les individus choisissent de conserver leur richesse au détriment du financement du bien public, la sous optimalité des contributions s'explique par l'aversion des joueurs à contribuer l'intégralité de leur dotation. Un individu peut avoir saisi l'intérêt de la coopération mais ne souhaite pas investir l'intégralité de sa dotation, de peur d'être le seul à agir ainsi. La diminution dans le temps du taux de contribution serait alors due à la généralisation de ce type de comportements en réponse aux différents niveaux de contributions réalisés sur les périodes précédentes. Partant de cette hypothèse, nous avons supposé qu'un bien public peut être financé sans qu'une contribution égale à la totalité de la dotation individuelle soit demandée aux membres du groupe. Nous qualifions cette structure de financement volontaire de bien public « d'optimum intérieur ». L'équilibre de Nash est toujours défini par une contribution nulle (c'est la stratégie dominante de sous jeu) ; en revanche, l'optimum de Pareto ne sera atteint que si les individus choisissent de contribuer une partie de leur dotation.

Intégrer un optimum intérieur ouvre un problème de coordination des décisions individuelles. Une règle logique de décision de contribution, permettant d'atteindre le financement efficient, est que chaque joueur contribue une part équivalente du montant requis. Dans ce cas, l'optimum de Pareto dit « symétrique » est atteint. Toutefois, si un joueur contribue moins que cette somme et qu'un autre individu contribue proportionnellement plus que cette somme, le bien public est également efficacement financé, et le résultat constitue également un optimum de Pareto mais non symétrique. Là réside le problème de coordination des décisions individuelles pour atteindre le point optimal symétrique. Comprendre pourquoi les individus rencontrent ce problème de coordination et quelles motivations les conduisent à contribuer plus que la part équivalente qui leur assure un paiement Pareto optimal symétrique est rendu possible.

Nous comparons expérimentalement deux jeux qui diffèrent selon leur niveau de l'optimum. Dans le premier cas, le financement efficient du bien public est obtenu lorsque 30% de la dotation agrégée du groupe est contribué ; dans le deuxième cas, le financement efficient est atteint avec 70% de la dotation agrégée. L'analyse des résultats de l'expérience met en évidence les résultats suivants. Concernant le problème des choix sous optimaux des individus, nous rejetons une éventuelle mauvaise compréhension des règles de l'expérience. Les joueurs contribuent volontairement des montants positifs inférieure à la contribution optimale (des sur-contributions sous optimales). De plus, selon la définition des optima testés (30% ou 70%), les individus n'ont pas un comportement de contribution identique. Le taux de financement du bien public se trouve amélioré dès que le point optimal se rapproche de la contribution d'équilibre. Enfin, les résultats obtenus permettent de comprendre comment les joueurs établissent leur choix de contribution. Ils confirment l'adoption de la règle de décision à travers le concept de *Comportement Réactif* (Keser 1997) et mettent en lumière un second type de comportement que nous qualifions d'*Optimum Lover*.

Optimum intérieur dans un jeu de bien public

Décision individuelle et optimum interieur

La fonction de paiement retenue pour notre expérimentation s'inspire de la formulation d' Isaac et al. (1984). Les n individus du groupe disposent à chaque période d'une dotation individuelle équivalente (D_i) à investir dans les deux biens (public et privé) et les paiements issus des deux biens sont additifs. Afin que la contribution nulle soit un équilibre en stratégie dominante, la partie privée de cette fonction de paiement est de la forme ($\alpha.(D-m_i)$). Pour obtenir un optimum intérieur à l'espace de décision, la fonction de paiement du bien public (notée $g(.)$) doit être deux fois dérivable avec $g' > 0$ avant le point optimum agrégé, $g' = 0$ à l'optimum agrégé et $g' < 0$ après l'optimum agrégé ; g'' étant successivement croissante puis décroissante, avec le point d'inflexion entre l'équilibre et l'optimum agrégé.

Le paiement d'un joueur i est constitué de la somme des gains issus des deux biens. La fonction de gain d'un individu s'écrit :

$$G(Z_i) = \alpha.(D_i - Z_i) + g\left(\sum_{i=1}^n Z_i\right) \quad (1)$$

avec Z_i , le montant de la contribution pour le bien public effectuée par le joueur i (appartenant au groupe de taille $n : i = 1..n$), $Z_i \in [0 ; D_i]$.

Dès lors que $\alpha > g'$, cette fonction de paiement est compatible avec l'hypothèse selon laquelle le gain à l'optimum de Pareto est collectivement supérieur au gain à l'équilibre ; et permet de considérer la non-contribution comme la stratégie dominante du jeu.

Comparaison entre deux optima interieurs

Afin de savoir d'une part, si une modification de la définition de l'optimum de Pareto influence le comportement de contribution des joueurs et, d'autre part, si les erreurs de contributions sont intentionnelles ou résultent d'un choix individuel délibéré, deux traitements ont été réalisés au cours de cette expérimentation.

Le financement efficient du bien public a été défini à 30% et 70% de la dotation agrégée du groupe pour plusieurs raisons :

- Les optima ne pouvaient être que des multiples de 10% de la dotation agrégée² car la dotation individuelle par période était égale à 10 jetons et les contributions devaient être des nombres entiers.
- Les précédents résultats expérimentaux ont montré que les joueurs contribuent en première période entre 40 et 60% de leur dotation, les optima à 40, 50 et 60% de la dotation agrégée ont donc été éliminés (Ledyard, 1995).
- Les deux optima ont dû être caractérisés par une distance équivalente entre les solutions de coin (i.e. 0% ou 100%) pour pouvoir mesurer la distance entre le choix et la contribution optimale.
- L'optimum symétrique à 10% (1 jeton contribué par individu) n'a pas été retenu car l'espace des erreurs par rapport à l'équilibre (0 jeton contribué) aurait été quasi-

² Dans le cas d'un optimum non multiple de 10% de la dotation agrégée, les joueurs ne peuvent pas atteindre l'optimum de Pareto symétrique (qui assure un paiement équivalent d'un individu à l'autre). En revanche, dans un tel cas, le bien public aurait pu être totalement financé mais de façon inéquitable entre les membres du groupe. Cette possibilité n'a pas été retenue.

inexistant. L'optimum à 20% (2 jetons contribués par individu) aurait également défini une zone d'erreur trop faible.

Les optima ont donc été définis à 30 et 70%. Ainsi la distance du premier optimum par rapport à l'équilibre se trouve égale à 30% de la dotation et la distance par rapport à la pleine contribution assure le complément de la dotation de 70%. Le deuxième optimum se définit alors logiquement comme le symétrique par rapport à 50% ; c'est à dire à 70% de la dotation par rapport à la contribution d'équilibre et à une distance de 30% de la dotation par rapport à la pleine contribution.

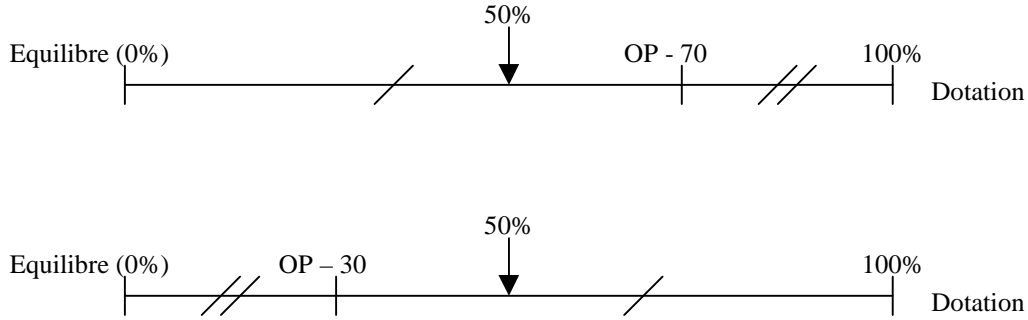


Figure 1 : Définition des zones d'erreurs pour les 2 optima (30% et 70%)

Pour l'expérimentation définissant un optimum de Pareto à 30% des dotations, la fonction de paiement individuel par période est la suivante³ :

$$U_i = 95.(D - m_i) + \approx \left(28.85 \cdot \left[\left(\frac{\left(\sum_{i=1}^n m_i \right) + 0.4}{2.5} \right)^5 \cdot e^{-\frac{\left(\sum_{i=1}^n m_i \right) + 0.4}{2.5}} \right] \right) \quad (2)$$

Pour le jeu en optimum à 70% de la dotation agrégée, la fonction de paiement individuelle est de la forme :

$$U_i = 30.(D - m_i) + \approx \left[-0.05 \cdot \left(\sum_{i=1}^n m_i \right)^3 + 2.1 \cdot \left(\sum_{i=1}^n m_i \right)^2 \right] \quad (3)$$

Par la suite, on note OP30, le traitement expérimental se référant à l'optimum à 30% (équation 2) et OP70 celui de l'optimum à 70% (équation 3)⁴.

Détermination des solutions de jeu

Quelles que soient les caractéristiques du modèle (OP30 ou OP70), l'équilibre du jeu est toujours obtenu par la contribution nulle de l'ensemble des membres du groupe. Cette stratégie de passage clandestin est la stratégie dominante du jeu. En revanche, l'optimum de

³ Contrairement à la fonction de paiement avec l'optimum à 70%, les caractéristiques de l'optimum à 30% n'ont pas permis de déterminer une fonction de paiement quadratique du bien public qui donne des valeurs positives sur l'intervalle [0 ; 40]. C'est pourquoi on retient une fonction de densité de type Gamma.

⁴ Les tableaux de gain des deux fonctions sont disponibles en annexe.

Pareto est obtenu lorsque les individus ne contribuent qu'une partie et non plus l'intégralité de leurs dotations comme c'est le cas dans les autres expériences de contribution volontaire.

Il faut alors pouvoir différencier l'optimum de Pareto dit « symétrique », qui assure un paiement équivalent entre les membres du groupe, et l'ensemble des combinaisons de contributions qui assurent un financement également efficient du bien public mais qui sont des optima de Pareto « non symétriques ». Considérons le cas OP30, le bien public est financé dès que la contribution globale du groupe atteint 30% de la dotation agrégée. Ainsi, toutes combinaisons de contributions individuelles permettant d'atteindre 30% des ressources totales du groupe assure une production efficiente de bien public. Avec une dotation individuelle de 10 jetons par période (40 jetons pour la dotation agrégée dans un groupe de 4 individus), le financement efficient du bien public est atteint dès que 12 jetons sont contribués par le groupe. Ainsi, toutes combinaisons des contributions des joueurs qui permettent de recueillir 12 jetons se trouvent être un point de l'ensemble qui assure le financement efficient du bien public (optimum non symétrique). En revanche, un seul de ces points (une seule combinaison des décisions de contribution individuelles) est l'optimum de Pareto symétrique. Il s'agit du point défini par une contribution individuelle équivalente entre les joueurs et égale à 30% de la dotation individuelle soit 3 jetons par joueur.

Si tous les joueurs contribuent une part équivalente au bien public, chaque joueur du groupe obtient le paiement optimal symétrique. Les joueurs n'ont aucun intérêt à dépasser ce niveau de financement car le paiement associé au bien public diminuerait. Dans une telle situation, les joueurs reçoivent un paiement plus faible, à la fois du bien public mais aussi du bien privé (car plus de jetons sont investis dans le bien public). En revanche, chaque individu va être individuellement incité à dévier de la contribution symétrique optimale vers la stratégie de passer clandestin puisque la non contribution constitue la stratégie dominante. Ainsi, toute déviation unilatérale vers la contribution nulle aura pour effet d'augmenter le paiement du joueur déviant mais de diminuer le paiement des autres membres du groupe (car moins de jetons sont investis dans le bien public). Si chaque joueur suit ce raisonnement, il y a convergence vers l'équilibre.

Le paiement maximum d'un joueur survient si ce joueur ne contribue rien au financement du bien public et si dans un même temps, les autres membres du groupe assurent à eux seuls le financement complet du bien public. Par exemple, dans la condition OP30, le joueur passager clandestin profite du paiement maximum du bien privé (950 jetons) et du paiement maximum du bien public (607 jetons), soit un gain total de 1557 jetons. Les 3 autres joueurs auront un gain (1177 jetons, dont 607 du bien public et 577 du bien privé) moins important que le paiement à l'optimum « symétrique » (gain total de 1272 jetons par individu). Les joueurs coopérateurs auront une incitation plus forte à dévier de cette position puisqu'elle ne leur assure pas le paiement collectif optimal.

Une telle situation est cependant peu envisageable. Si un joueur agit en passager clandestin, les autres joueurs du groupe n'ont aucun intérêt individuel à tenter de compenser cette défection par une augmentation de leur propre contribution au bien public. En effet, le paiement associé à une situation de sous financement du bien public est préférable au paiement associé à une situation de financement optimal mais asymétrique.

Au cours de l'expérience les individus n'ont donc aucun intérêt à dépasser la contribution symétrique optimale (*i.e.* 30 ou 70% de leur propre dotation). Sous l'hypothèse que les joueurs contribuent des sommes positives afin de signaler aux autres leur intentions de

coopérer, une contribution plus importante que la contribution symétrique optimale n'aurait pour effet que d'inciter les autres membres du groupe à diminuer leur contribution. Si cette hypothèse du signalement des intentions de coopération est vraie, les joueurs doivent contribuer des montants compris entre 0 et la contribution symétrique optimale (3 ou 7 jetons selon le traitement). Toute contribution au-dessus de la contribution symétrique optimale doit donc théoriquement être interprétée comme une erreur de compréhension du jeu.

A l'équilibre, le paiement individuel par période est de 950 jetons pour le traitement OP30 et de 300 jetons pour le traitement OP70. A l'optimum symétrique, ce paiement augmente à 1272 jetons pour le traitement OP30 et à 639 jetons pour le traitement OP70. Compte tenu de la forme particulière des fonctions de paiement utilisées, la différence de gain entre les équilibres d'une part, et entre les optima d'autre part, n'a pu être évitée d'un traitement à l'autre. Néanmoins, ces différences de paiement ne modifient pas l'issue du jeu : même si la contribution nulle est toujours la stratégie dominante, les individus ont un intérêt collectif à contribuer le montant individuel nécessaire pour atteindre l'optimum.

Comparer ces deux traitements permet de mettre en évidence la sensibilité du financement efficient du bien public au niveau prédéfini de l'optimum. Fixer un optimum à 30%, plutôt qu'à 70%, conduit-il les individus à contribuer plus efficacement au bien public ?

Protocole expérimental

L'expérimentation a eu lieu au cours du printemps 2000 et a réuni un total de 60 étudiants en DEUG MASS, répartis aléatoirement en 15 groupes de 4 joueurs. Ces groupes conservent la même composition au cours des différentes périodes et des différents traitements (pas de brassage des joueurs). Sur ce total de 15 groupes, 8 participent à l'expérience OP30 et 7 groupes participent à l'expérience OP70.

A leur arrivée sur les lieux de l'expérimentation, chaque étudiant tire au sort un numéro qui lui désigne sa place. A aucun moment les étudiants ne peuvent avoir accès à une quelconque information concernant leur numéro de groupe. Ainsi les participants ne savaient pas avec qui ils étaient en interaction.

Les décisions sont prises sur PC et l'expérience est gérée grâce au logiciel REGATE⁵. Seules les instructions⁶ sont distribuées sur papier et lues à voix haute par l'expérimentaliste. Il est précisé aux sujets que la rémunération en francs s'effectuera à la fin de l'expérience, sur la base de leur gain cumulé au cours du jeu. Le taux de conversion appliqué est de 1 franc français pour 700 jetons dans la condition OP-30 et 1 franc français pour 300 jetons dans la condition OP70⁷. Les gains sont payés aux sujets de manière privée.

Chaque traitement comporte 20 périodes de décision et les sujets disposent d'une dotation de 10 jetons au début de chaque période. Durant l'expérience, les joueurs ne sont pas autorisés à communiquer. A la fin de chaque période, les joueurs disposent des informations suivantes réunies dans un tableau récapitulatif continuellement disponible à l'écran : le numéro de la période en cours, le montant de la dotation individuelle, leur choix individuel de contribution au cours des périodes passées, la somme des contributions du groupe pour chaque période

⁵ Logiciel d'expérimentation du GATE, gratuitement téléchargeable sur <http://www.gate.cnrs.fr>

⁶ Les instructions sont disponibles sur simple demande auprès de l'auteur.

⁷ Grâce à ces deux taux de conversion, les gains en francs ont été homogénéisés entre les traitements.

(sans connaître le détail des contributions individuelles), ainsi que leurs gains individuels issus de chacun des deux biens, leur gain total de la période et leur gain cumulé en jetons depuis le début de l'expérience.

Le rôle du niveau de l'optimum sur le comportement individuel

L'étude des résultats expérimentaux⁸ permet de statuer sur le comportement de contribution des individus lorsque le financement optimal est intérieur à l'espace des décisions. Cette première section propose une restitution des résultats expérimentaux. Dans la section 3.1, nous étudierons les comportements agrégés de contribution et de financement pour chacun des deux optima testés. Dans la section 3.2, nous analyserons les décisions individuelles et sur les règles de comportement de contribution suivies par les joueurs.

Au cours de ces deux sections, on compare les résultats issus de chacun des deux traitements. L'objectif est de pouvoir isoler le comportement de contribution associé à la définition de l'optimum de Pareto symétrique.

Différenciation des comportements de groupe

Lorsque le jeu de contribution volontaire définit un optimum intérieur, l'analyse des comportements agrégés doit s'effectuer sur deux variables distinctes qui se confondent lorsque les solutions des jeux de contribution volontaire sont en coin. Il s'agit du taux de contribution et du taux de financement du bien public. Dans le premier cas, il s'agit de la contribution au bien public faite par les joueurs, dans le second, il s'agit de la part du financement efficient du bien public atteinte par ce niveau de contribution.

Les résultats présentés révèlent les différences de comportement associées à chaque traitement.

La contribution au bien public

Afin d'analyser les conséquences du niveau de l'optimum sur le comportement de contribution, les niveaux de contribution moyens réalisés par les joueurs dans chacun des traitements sont comparés. Le graphique 1 met en relation l'évolution des taux de contribution moyens pour les groupes de chaque traitement. Les moyennes sont calculées par période pour chaque traitement sur les 32 (ou 28) joueurs⁹ constituant les différents groupes d'un même traitement.

Observation 1 : Plus le niveau de financement efficient du bien public est haut, plus la contribution moyenne des sujets est élevée.

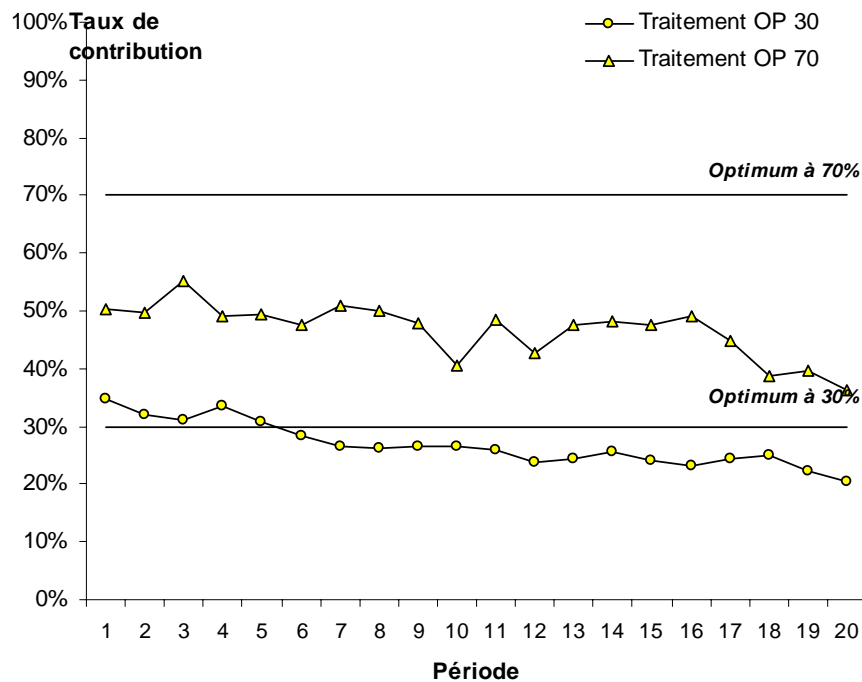
On remarque que les joueurs contribuent significativement au bien public dans chacun des traitements étudiés. La moyenne des contributions, sur l'ensemble des périodes et des groupes, est de 2,68 jetons (écart type 1,84) pour le traitement OP30¹⁰ et de 5,24 jetons (écart type 2,56) pour le traitement OP70. Nous avons effectué un test unilatéral de Wilcoxon Mann Whitney sur les contributions moyennes des joueurs de chaque groupe. L'hypothèse nulle

⁸ Les résultats des tests statistiques et les données agrégées de l'expérience sont disponibles sur simple demande.

⁹ L'expérience a réuni 8 (respectivement 7) groupes de 4 joueurs dans le traitement OP30 (OP70)

¹⁰ Notons que pour un des groupes du traitement OP30, chacun des 4 joueurs a contribué exactement 3 jetons (l'optimum symétrique) sur l'ensemble des 20 périodes de l'expérience.

d'équivalence des contributions moyennes des groupes entre les traitements est rejetée au seuil 1%. Nous en concluons que la contribution moyenne des sujets est plus forte sous OP70 que sous OP30.



Graphique 1 : Evolution des contributions selon le traitement et la répétition du jeu

Observation 2 : Le niveau de l'optimum n'a pas de conséquences sur la stabilité du comportement de contribution entre les groupes.

Nous analysons à présent les différences de contribution inter-groupes entre les traitements. Les écarts de contributions entre les groupes dans un même traitement sont-ils sensiblement différents des écarts de contributions entre les groupes pour un autre traitement ? Afin de vérifier cette hypothèse, nous calculons l'écart absolu moyen des contributions des groupes du traitement OP30 par rapport à leur contribution moyenne (2,68) ainsi que l'écart absolu moyen des contributions des groupes du traitement OP 70 par rapport à leur contribution moyenne (5,24). Au seuil 1%, un test bilatéral de Wilcoxon Mann Whitney appliqué à ces mesures accepte significativement l'hypothèse nulle d'une équivalence des écarts de contribution entre les traitements. Il apparaît donc que les comportements de contribution inter-groupes sont équivalents entre les traitements.

Observation 3 : Les écarts des contributions entre les membres d'un même groupe augmentent avec la définition du niveau optimal.

Nous nous intéressons à présent au problème des différences de contribution à l'intérieur d'un même groupe. Nous supposons que la différence des contributions dans un même groupe est fortement dépendante de la définition du niveau de financement optimal du bien public. Pour tester cette hypothèse, nous avons considéré deux mesures. La première est une analyse des écarts types des contributions sur l'expérience à l'intérieur d'un groupe de joueurs. La seconde est la mesure de stabilité des décisions des groupes. La stabilité des décisions individuelles se calcule comme la moyenne des changements absolus de contribution pour un

individu d'une période à la suivante sur l'ensemble de l'expérience. La mesure de stabilité du groupe est la moyenne des stabilités individuelles pour chaque groupe.

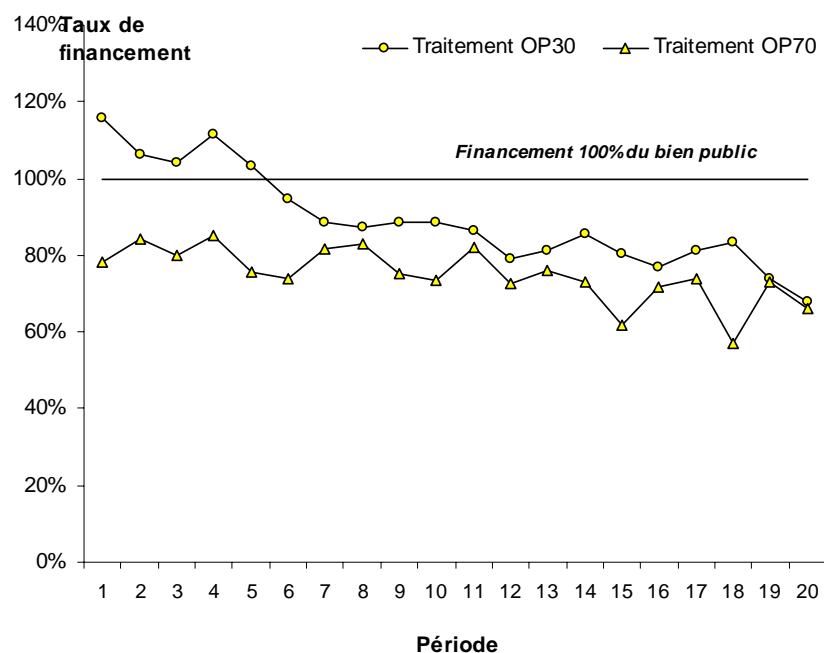
Un test unilatéral de Wilcoxon Mann Whitney rejette, au taux d'erreur de 1%, à la fois l'hypothèse nulle supposant une équivalence des écarts types des contributions entre les traitements et l'hypothèse nulle d'équivalence entre les mesures de stabilité de décision entre les traitements. Avec un écart type global de 1,84 pour OP 30 et un écart type global de 2,56 pour OP 70, nous pouvons en conclure que les contributions des joueurs changent plus lorsque le niveau de financement optimal est haut. Ce constat est renforcé par le calcul de la stabilité des décisions individuelles puisque la stabilité moyenne des décisions est de 0,78 sous OP 30 alors qu'elle est de 1,41 sous OP 70.

Ces premiers résultats mettent en évidence une différence de contribution associée à chaque niveau Pareto optimal. Il reste à déterminer dans quelle mesure ces différences de comportement affectent le financement efficient du bien public.

Taux de financement et convergence vers un niveau intermédiaire

Afin de savoir si l'un des deux traitements permet d'atteindre plus fréquemment le niveau de financement efficient, nous nous intéressons aux taux de financement du bien public pour chaque traitement. Le taux de financement se définit comme le ratio entre la somme contributive et la contribution optimale pour une période donnée. Ce taux de financement est analysé au niveau individuel et au niveau agrégé.

La première analyse porte sur l'évolution du taux de financement sur les 20 périodes de l'expérience pour chaque traitement. Le graphique 2 met en relation l'évolution des taux de financement moyen pour les deux niveaux optimaux. La droite à 100% signifie que la contribution agrégée efficiente est atteinte. On remarque que le taux de financement est plus important sous le traitement OP 30 que sous le traitement OP 70. D'autre part, avec la répétition du jeu, il semble que les écarts de financement entre les deux traitements se réduisent et que le taux de financement converge autour de 80% de l'optimum.



Graphique 2 : Evolution du taux de financement selon le traitement et la répétition du jeu

Observation 4 : Sur le premier tiers de l'expérience, le taux de financement est plus important lorsque le niveau optimal est bas.

Observation 5 : Sur les deux derniers tiers de l'expérience, il n'y a pas de différence de taux de financement entre les deux traitements.

Afin d'analyser la convergence des taux de financement entre les deux traitements, nous considérons les écarts absolus des taux de financement entre OP 30 et OP 70. Pour repérer un éventuel changement de ces écarts, un test du changement de point est appliqué à ces mesures sur l'ensemble des 20 périodes. Au seuil 1% l'hypothèse nulle d'invariance des écarts de taux de financement est rejetée. Le calcul du test révèle que le changement s'effectue à la 6^{ème} période de jeu. Il existe donc une différence des écarts des taux de financement entre ces deux traitements. La 6^{ème} période constitue un point de rupture dans l'évolution de ces écarts. Il s'agit donc à présent de comparer les taux de financement moyens de chaque traitement avant et après cette période de rupture.

Sur chacun de ces sous-ensembles (avant et après la 6^{ème} période), nous cherchons à savoir si les taux de financement moyens des groupes sont propres à chaque traitement. En d'autres termes les écarts de financement entre les groupes d'un même traitement sont-ils sensiblement différents des écarts de financement entre les groupes pour un autre traitement ? Sur les périodes 1 à 6, un test bilatéral de Wilcoxon Mann Whitney appliqué à ces mesures rejette significativement à 1% d'erreur l'hypothèse nulle d'une équivalence des taux de financement entre les traitements. Avec un taux de financement moyen de 106% pour le traitement OP 30 contre 80% pour le traitement OP 70, nous en concluons que sur le premier tiers de l'expérience, le taux de financement est plus élevé lorsque le niveau optimal est faible.

Au contraire, sur les données de la fin de l'expérience (de la période 7 à la période 20), ce même test de Wilcoxon Mann Whitney accepte l'hypothèse nulle d'une équivalence des taux de financement entre les deux traitements. Avec une moyenne de financement à 82% pour le

traitement OP 30 et une moyenne de 73% pour le traitement OP 70, nous concluons qu'après le premier tiers de l'expérience, le taux de financement du bien public tend à converger vers 80%, quel que soit le traitement retenu.

Comportement réactif et préférence pour l'optimum

L'analyse porte à présent sur les comportements individuels et les processus de décision suivis par les joueurs au cours des différents traitements.

Les choix individuels de contribution

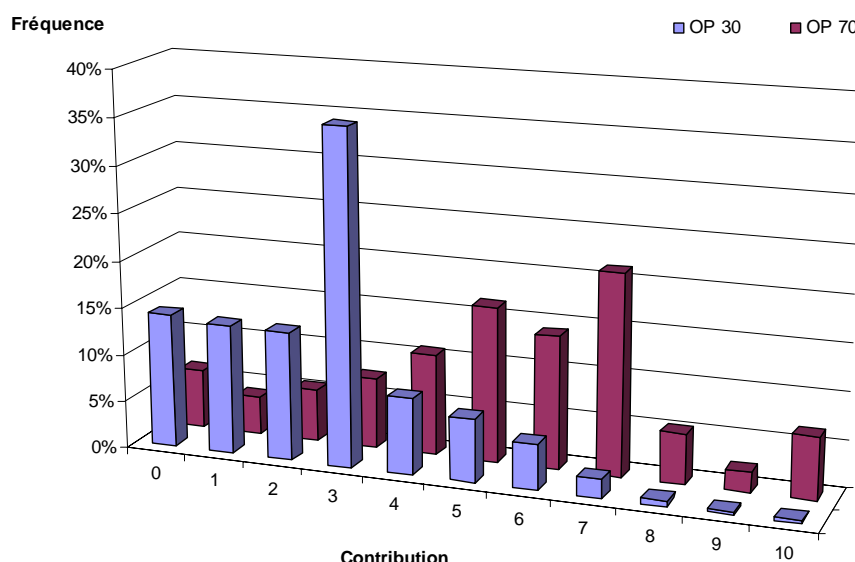
Observation 6 : La contribution la plus souvent réalisée est la contribution optimale symétrique définie par les règles de l'expérience. Néanmoins, plus le niveau optimal est haut, plus la répartition des contributions s'étend sur l'ensemble des possibilités.

Le graphique 3 présente les distributions des contributions individuelles de chaque traitement sur l'ensemble des 20 périodes (OP 30 et OP 70). Pour le traitement OP 30, nous observons une distribution avec un mode à 3 jetons contribués (35,5%). D'autre part, 77,03% des contributions effectuées pendant l'expérience sont inférieures ou égales à la contribution symétrique optimale de 3 jetons. Pour le traitement OP 70, la contribution modale est de 7 jetons (21,25%), mais on remarque une forte présence des contributions légèrement inférieures à la contribution symétrique optimale (16,4% et 14,1% pour les contributions 5 et 6 respectivement). D'autre part, 85,9% des décisions sont inférieures ou égales à la contribution optimale symétrique (7 jetons). Un test unilatéral de Kolmogorov Smirnov permet de rejeter significativement l'hypothèse nulle que les contributions sont identiquement distribuées entre les deux traitements, au seuil 1%. Les contributions sont donc non seulement plus faibles sous OP 30 que sous OP 70 mais également plus rassemblées autour de la contribution optimale symétrique. Ce résultat vient compléter les précédentes conclusions sur la variabilité accrue des contributions individuelles lorsque l'optimum est défini à un haut niveau (observation 4).

Observation 7 : Les individus choisissent plus fréquemment la contribution symétrique optimale lorsque l'optimum est faible.

La comparaison des comportements entre les traitements conduit à se demander si le choix de la contribution symétrique optimale est facilité par la définition du niveau de financement du bien public. Sur les 640 décisions effectuées au cours du traitement OP30, 227 choix de contributions sont exactement égaux à l'optimum symétrique (3 jetons), ce qui représente 35,5% des décisions. Pour le traitement OP 70, ces décisions optimales symétriques représentent 119 choix sur les 560 décisions individuelles prises, soit une proportion de 21,25%.

En séparant les décisions individuelles entre *Contribution Optimale* et *Autres*, nous appliquons un test bilatéral du χ^2 sur l'hypothèse d'équivalence de ces deux proportions. Cette hypothèse est rejetée au seuil 1%. Les joueurs choisissent davantage la contribution optimale lorsque le niveau optimal est faible.



Graphique 3 : distribution des contributions effectuées sur les traitements OP 30 et OP 70

Nous nous intéressons à présent à l'évolution du comportement de chaque joueur au cours de l'expérience. Compte tenu des conditions particulières liées à chaque traitement et afin de pouvoir comparer leurs données, nous effectuons la classification suivante des comportements.

1. *Passage clandestin (Free-Riding)* : lorsque le joueur réalise une contribution nulle pour le bien public ($Z_i=0$)
2. *Passage clandestin faible (Weak Free-Riding)* : lorsque le joueur réalise une contribution comprise strictement entre la contribution nulle et la contribution optimale symétrique ($0 < Z_i < 3$; $0 < Z_i < 7$, selon le traitement)
3. *Coopératif* : lorsque le joueur réalise la contribution optimale symétrique ($Z_i=3$; $Z_i=7$, selon le traitement)
4. *Altruiste* : lorsque le joueur réalise une contribution strictement supérieure à la contribution optimale symétrique ($Z_i > 3$; $Z_i > 7$, selon le traitement)

Compte tenu de cette classification, chaque comportement a recueilli le nombre d'observations suivantes :

Comportement	OP 30		OP 70	
	Fréquence	Observations	Fréquence	Observations
Passage clandestin fort (SFR)	14,2%	91	6,3%	35
Passage clandestin faible (WFR)	27,3%	175	58,4%	327
Coopératif	35,5%	227	21,3%	119
Altruistes	23%	147	14,1%	79

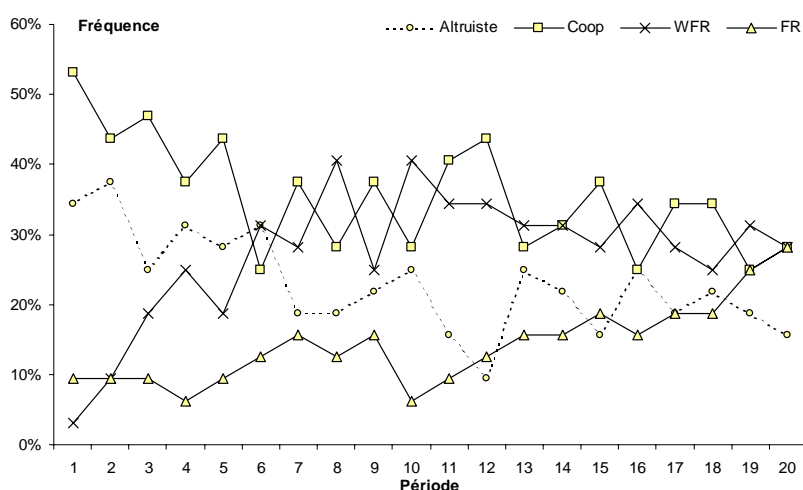
Tableau 1 : Répartition des comportements sur les traitements OP 30 et OP 70

L'évolution des différents comportements de chaque traitement est représentée par les graphiques 4 et 5. Il apparaît que les comportements suivent des évolutions différentes selon les conditions expérimentales retenues. Afin de vérifier si l'émergence d'un comportement de contribution a un lien avec la définition du niveau de l'optimum, nous testons la différence d'apparition des comportements en fonction des deux traitements. Nos conclusions sont les suivantes.

Observation 8 : L'émergence d'un comportement du passager clandestin est indépendante de la définition du niveau optimal.

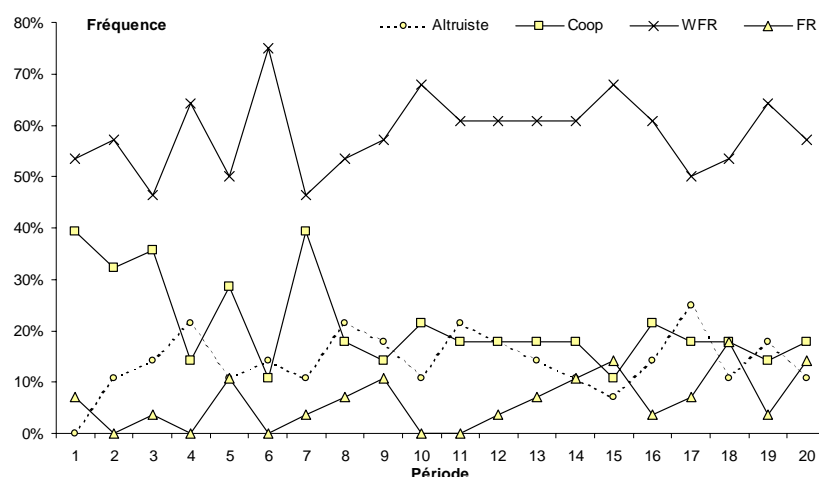
Observation 9 : L'émergence d'un comportement de coopérateur est indépendante de la définition du niveau optimal.

Un *passager clandestin fort*¹¹ est un individu qui choisit la contribution nulle au cours des 20 périodes du jeu. Sur la première partie de l'expérience, nous observons que 2 personnes sur les 32 testées dans le traitement OP 30, et qu'aucune personne sur les 28 testées du traitement OP 70, révèlent un tel comportement. D'autre part, en considérant qu'un *passager clandestin faible* est un sujet qui choisit la stratégie dominante pour la moitié au moins des périodes de jeu (mais pas toutes), nous observons qu'une personne sous le traitement OP 30 et une autre sous le traitement OP 70 sont des *passagers clandestins faibles*. Ainsi, en regroupant ces deux catégories, nous observons que 9,37% des individus sous OP 30 et que 3,57% des individus sous OP 70 ne contribuent rien au bien public sur au moins la moitié de l'expérience. En divisant le comportement des joueurs de chaque traitement en *passager clandestin* et *Autres*, nous appliquons un test bilatéral du χ^2 sur l'hypothèse nulle que la proportion de passagers clandestins est équivalente dans chaque traitement. Au seuil 10%, l'hypothèse nulle ne peut être rejetée. Nous en concluons que la définition du niveau optimal n'influence pas l'apparition des passagers clandestins.



Graphique 4 : évolution des comportements pour le traitement OP 30

¹¹ Le passage clandestin fort désigne le fait de ne rien contribuer au cours d'une période de jeu, alors que le passager clandestin fort désigne un individu qui choisit le passage clandestin à chaque période de jeu (la différence entre Coopératif et Coopérateur est la même).



Graphique 5 : évolution des comportements pour le traitement OP 70

L'analyse porte à présent sur les comportements coopératif des sujets. Nous avons défini comme étant des *forts coopérateurs*, les personnes qui contribuent exactement le montant optimal symétrique (3 ou 7 jetons selon le traitement) à chacune des 20 périodes du jeu. Nous observons que 4 personnes du traitement OP 30 correspondent à cette définition alors qu'aucune personne ne répond à ce critère pour OP 70. D'autre part, nous avons qualifié de *faible coopérateur* les personnes qui ont contribué le montant optimum symétrique sur plus de la moitié des périodes de l'expérience (mais pas sur l'ensemble de l'expérience). 6 personnes sous OP 30 et 3 personnes sous OP 70 correspondent à cette définition. Comme pour les *passagers clandestins*, ces 2 catégories (*fort et faible coopérateur*) sont regroupées sous la dénomination de *Coopérateur* et rapportées à la catégorie *Autres* joueurs dans chaque traitement¹². Un test bilatéral du χ^2 sur l'hypothèse d'équivalence de proportion de Coopérateur dans chaque traitement nous conduit à accepter cette hypothèse au seuil d'erreur de 10%. Nous en concluons que la définition du niveau optimal n'influence pas l'apparition des Coopérateurs.

Puisque les différentes définitions du niveau optimal ne semblent pas influencer l'émergence de comportements extrêmes, nous avons testé l'hypothèse d'erreur associée aux décisions qui ne sont pas à l'optimum.

Observation 10 : La décision de contribution sous optimale des joueurs ne sont ni la conséquence d'erreurs de compréhension, ni la conséquence d'une décision aléatoire.

Afin de différencier les contributions associées à des erreurs de compréhension de la part des individus, des contributions volontairement effectuées, nous avons comparé le nombre de contributions observées au-dessus de la contribution symétrique optimale au nombre de contributions en dessous de la contribution optimale symétrique. Si l'on retient l'hypothèse que les individus n'ont pas compris le but de l'expérience et que leurs contributions peuvent provenir d'erreurs, le nombre de contributions en dessous de l'optimum devrait être équivalent au nombre de contributions au-dessus de cet optimum. Pour chaque traitement un test bilatéral du χ^2 est appliqué suivant l'hypothèse nulle que la distribution des contributions

¹² La proportion de Coopérateur dans chaque traitement est 31,25% et 10,71% dans les traitements OP 30 et OP 70 respectivement.

est symétrique autour de la contribution symétrique optimale. Au taux d'erreur de 1% nous pouvons rejeter l'hypothèse nulle¹³. Ainsi, puisque les décisions en deçà de la contribution symétrique représentent respectivement 64,4% pour OP 30 et 82,08% pour OP 70, nous concluons que les décisions des joueurs ne sont pas la conséquence d'erreurs de compréhension ou de décisions aléatoires.

Observation corollaire 11 : En jeu de contribution volontaire, les « sur contributions » des individus par rapport à l'équilibre sont des décisions intentionnellement sous optimales.

A partir des observations 1 et 10, nous pouvons déduire que les joueurs contribuent volontairement des sommes positives au bien public mais que ces sommes sont plus souvent sous optimales que sur optimales.

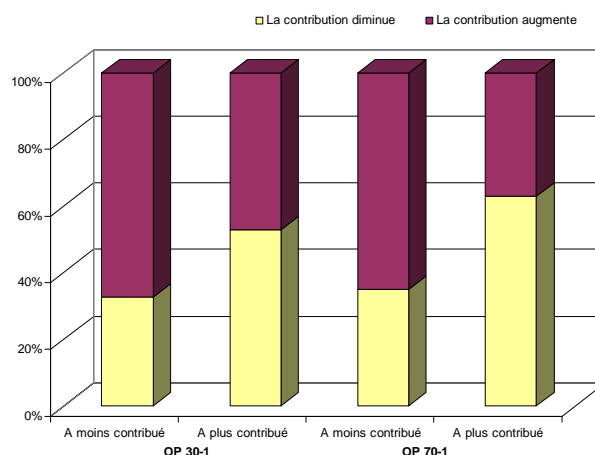
Règle de décision : comportement réactif et individus « Optimum Lover »

A partir de ces premières conclusions, l'analyse est recentrée sur le processus de décision des individus et sur la façon dont les joueurs font évoluer leurs contributions. L'hypothèse du comportement réactif (proposée par Keser et Van Winden, 1998) est testée sur les données de chacun des traitements. Nous supposons que les individus qui suivent la règle du comportement réactif adaptent leur niveau de contribution en fonction de la position de leur contribution par rapport à la contribution moyenne des autres membres du groupe. En d'autres termes, un joueur qui a plus contribué que la moyenne des autres membres de son groupe choisit de diminuer sa contribution à la période suivante. Inversement, un joueur qui a moins contribué que le reste du groupe, choisit d'augmenter sa contribution à la période de jeu suivante.

Observation 12 : Les individus font évoluer leur contribution suivant un processus de décision réactif.

Comme le montre le graphique 6, les comportements de changement suivent la contribution moyenne du groupe. Quel que soit le traitement retenu (OP 30 ou OP 70), les joueurs tentent de rapprocher leur contribution de celles des autres membres de leur groupe. En appliquant aux données de chaque traitement un test bilatéral du χ^2 , nous pouvons significativement rejeter l'hypothèse que les bonnes et les mauvaises prédictions sont équiprobables au seuil 1%. Le comportement réactif est donc un bon indicateur du processus de décision des joueurs, pour des jeux à optimum élevé et pour des jeux à optimum faible.

¹³ Nous avons également réalisé un test du χ^2 en considérant que la distribution des contributions autour de la contribution symétrique optimale pouvait dépendre de la taille de la zone d'erreur. Dans cet autre cas, l'hypothèse nulle a également été rejetée à 1% d'erreur, ce qui vient renforcer notre conclusion.



Graphique 6 : distribution des comportements réactifs pour chaque traitement.

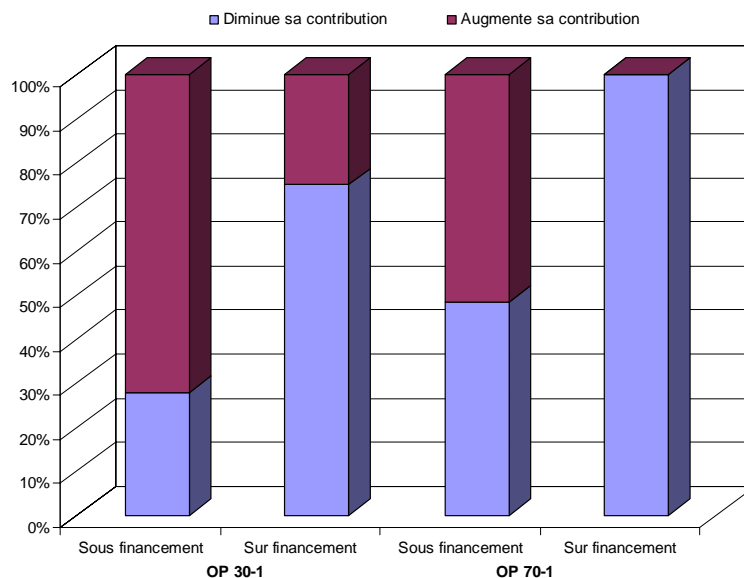
Néanmoins, ce comportement réactif par rapport à la contribution des autres ne peut pas tout expliquer. Il existe un nombre important de sujets qui vont à l'encontre d'un tel processus de décision. Ce sont les joueurs qui choisissent d'augmenter (ou de diminuer) leur contribution alors qu'ils se situent au-dessus (ou en-dessous) de la moyenne des contributions du groupe.

Compte tenu de la spécificité de l'expérience, les joueurs peuvent adapter leur contribution non pas en fonction de la moyenne de contribution du groupe, mais en fonction du taux de financement du bien public. Certains individus peuvent développer un comportement altruiste qui les conduit à œuvrer pour l'émergence de l'optimum de groupe (*i.e.* le financement efficient du bien public). Ils adaptent donc leur contribution de sorte que la somme des contributions pour le bien public égalise, ou se rapproche du niveau optimal agrégé. Nous pouvons également supposer que ces individus retirent un gain subjectif d'une situation optimale, ce qui les incite à choisir des contributions individuelles supérieures au niveau symétrique optimal. Si le bien public est sous financé à une certaine période de jeu, ces individus augmentent leur contribution pour faire converger le groupe vers l'optimum. Ce même souci de convergence les conduit à diminuer leur contribution lorsque le bien public est sur financé. Les individus révélant un tel comportement de convergence vers l'optimum sont qualifiés d'*Optimum Lover*.

Observation 13 : Lorsque l'optimum est faible, le comportement d'*Optimum Lover* propose une bonne explication des variations de contributions « aberrantes ».

Pour tester cette hypothèse, nous ne retenons que les observations qui vont à l'encontre de la théorie des comportements réactifs, c'est à dire d'une part, les joueurs qui augmentent leur contribution alors qu'ils ont plus contribué que le reste du groupe, et, d'autre part, les joueurs qui diminuent leur contribution alors qu'ils ont sous contribué par rapport au reste du groupe. A partir de ce sous échantillon, nous analysons les variations des contributions des joueurs en fonction du taux de financement du bien public (voir le graphique 7). Sur le traitement OP 30, un test bilatéral du χ^2 rejette significativement à 1% d'erreur l'hypothèse nulle que les bonnes et les mauvaises prédictions sont équiprobables. Pour ce traitement, nous pouvons en conclure que le comportement d'*Optimum Lover* explique la variation des contributions non expliquées par la règle des comportements réactifs.

Pour le traitement OP 70¹⁴, le nombre d'observations ne nous permet pas d'effectuer le test du χ^2 . Aussi, nous ne disposons pas de moyens statistiques pour réfuter la présence du comportement d'*Optimum Lover* dans les traitements. Conclure sur la présence ou l'absence de ce type de comportement nous est impossible.



Graphique 7 : Distribution des décisions des individus *Optimum Lover* sur OP 30 et OP 70

Il apparaît que les comportements de contribution des joueurs sont fortement dépendants de la définition du niveau optimal. Si le financement du bien public est plus efficient lorsque les joueurs n'ont à contribuer qu'une faible part de leur contribution, le phénomène de convergence vers le point d'équilibre est néanmoins présent dans ce type d'expérience. Toutefois, à la différence des expériences en optimum borné, cette convergence semble trouver une limite quelle que soit la définition de l'optimum.

¹⁴ Parmi les données retenues, une seule observation correspond au cas de sur financement du bien public.

CONCLUSION

Cette expérience en optimum intérieur a permis de révéler un certain nombre de caractéristiques associées au comportement de contribution volontaire agrégé des individus. Le taux de contribution est fortement dépendant du niveau de financement efficient du bien public. Plus cet optimum est élevé, plus les contributions des joueurs sont importantes. Pourtant, ce fort taux de contribution doit être relativisé. Lorsqu'on s'intéresse au taux de financement du bien public, il apparaît que les conditions d'optimum faible assurent un financement plus efficient du bien public. D'autre part, quel que soit le niveau optimal, la répétition du jeu fait converger les taux de financement à environ 80% après un tiers des répétitions du jeu.

Au niveau des choix individuels et du processus de décision, il apparaît que quelle que soit la définition du point optimal, les joueurs choisissent de contribuer principalement le montant optimal symétrique (3 ou 7 jetons selon l'optimum).

Par ailleurs, compte tenu des distributions de choix des individus, nous avons rejeté l'hypothèse d'erreur de choix de contribution pour chacun des traitements effectués au cours de l'expérience. Le processus de décision individuelle est majoritairement compatible avec un comportement Réactif qui conduit les joueurs à adapter leur contribution au niveau de contribution moyen du groupe. Pourtant, pour les sujets qui n'ont pas suivi cette règle de décision, les traitements en optimum intérieur permettent de mettre en lumière une seconde règle de comportement. Il apparaît, en optimum faible, que certains joueurs cherchent à conduire le groupe au point de financement efficient. Ce comportement, que nous avons qualifié d'*Optimum Lover*, résume significativement le comportement des joueurs qui ne suivent pas la règle de décision du comportement réactif. Compte tenu du faible nombre de cas où le bien public est sur financé lorsque l'optimum est élevé, nous ne pouvons pas conclure à une large diffusion de ce comportement.

BIBLIOGRAPHIE

- Andreoni J., (1988), « Why Free Ride? Strategies and learning in public goods experiments », *Journal of Public Economics*, 37, 291-304.
- Andréoni J., (1995), « Coopération in Public Goods Experiments : Kindness or Confusion », *American Economic Review*, 85 (4), 891-904.
- Balder Erik J., 1996, « On The Existence of Optimal Contract Mechanisms for Incomplete Information Principal-Agent Models », *Journal of Economic Theory*, 68(1), 133-148.
- Davis D., et C. Holt, (1992), *Experimental economics*, Princeton : Princeton University Press.
- Dawes R.M., et R.H. Thaler, (1988), « Anomalies : Cooperation », *Journal of Economic Perspectives* 2, 187-197.
- Fehr E. et Gächter S., (1999), « Cooperation and Punishment in Public Goods Experiments », Working Paper (10), Institute For Empirical Research in Economics – University of Zurich.
- Isaac R.M., Walker J., et S. Thomas, (1984), « Divergent evidence on free riding : an experimental examination of some possible explanations », *Public Choice*, 43, 113-149.
- Isaac R.M. et Waker J., (1998), « Nash as an Organizing Principle in the Voluntary Provision of Public Goods : Experimental Evidence », *Experimental Economics*, 1 (3), 191-206.
- Kim O., et M. Walker, (1984), « The free rider problem : experimental evidence », *Public Choice*, 43, 3-24.
- Keser C., (1996), « Voluntary Contribution to a Public Good When Partial Contribution is a Dominant Strategy », *Economic Letters*, 50, 359-366.
- Keser C., (1997), « Strategies Used in Public Goods Experimentation Rounds », *Working Paper University of Karlsruhe*.
- Keser C. et van Winden F., (1998), « Conditional Cooperation and Voluntary Contributions to Public Goods », Working papers, University of Karlsruhe.
- Ledyard J., (1995), « Public Goods : a survey of experimental research », 111-194, in AE Roth et J Kagel (eds.), *The Handbook of Experimental Economics*, Princeton University Press.
- Sefton M. et Steinberg R., (1996), « Reward Structures in Public Good Experiments », *Journal of Public Economics*, 61, 263-287.
- Selten R., et Stoecker R., (1986), « End Behavior in FinitPrisoner's Dilemme Supergames », *Journal of Economic Behavior and Organization* 7, 74-70.
- Siegel S., et Castellan N.J., (1988), *NonParametric Statistics for the Behavioral Sciences 2nd Edition*, Mc Graw Hill
- Willinger M. et Ziegelmeyer A., (1999), « Non-Cooperative Behavior in Public Goods Experiment with Interior Solution », *mimeo*, Beta – Université de Strasbourg.

ANNEXE

L'option X correspond au bien privé et l'option Y au bien public.

Grille des gains pour OP 30

Nombre de jetons que VOUS allouez à l'option X	Gain issu de X
0	0
1	95
2	190
3	285
4	380
5	475
6	570
7	665
8	760
9	855
10	950

Nombre de jetons alloué à l'option Y par l'ensemble du groupe (y compris vous même)	Gain issu de Y
0	0
1	1
2	9
3	34
4	84
5	156
6	245
7	340
8	429
9	505
10	561
11	595
12	607
13	600
14	576
15	540
16	496
17	447
18	396
19	346
20	298
21	254
22	214
23	178
24	147
25	121
26	98
27	79
28	64
29	51
30	40
31	32
32	25
33	19
34	15
35	12
36	9
37	7
38	5
39	4
40	3

Grille des gains pour OP 70

Nombre de jetons que VOUS allouez à l'option X	Gain issu de X
0	0
1	30
2	60
3	90
4	120
5	150
6	180
7	210
8	240
9	270
10	300

Nombre de jetons alloué à l'option Y par l'ensemble du groupe (y compris vous même)	Gain issu de Y
0	0
1	2
2	8
3	18
4	30
5	46
6	65
7	86
8	109
9	134
10	160
11	188
12	216
13	245
14	274
15	304
16	333
17	361
18	389
19	415
20	440
21	463
22	484
23	503
24	518
25	531
26	541
27	547
28	549
29	547
30	540
31	529
32	512
33	490
34	462
35	429
36	389
37	342
38	289
39	228
40	160